



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 25 678 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 60 R 21/01

②① Aktenzeichen: 100 25 678.3
②② Anmeldetag: 24. 5. 2000
④③ Offenlegungstag: 20. 12. 2001

DE 100 25 678 A 1

⑦① Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Gloger, Joachim, Dipl.-Inform., 89346 Bibertal, DE;
Oberländer, Matthias, Dipl.-Inform., 89075 Ulm, DE;
Woltermann, Bernd, Dipl.-Inform., 89075 Ulm, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 198 18 586 C1
DE 43 08 776 C2
DE 198 42 827 A1
DE 198 31 413 A1
DE 198 02 261 A1
DE 196 23 365 A1
DE 196 01 831 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Kamerabasiertes Precrash-Erkennungssystem
- ⑤⑦ Verfahren und eine Vorrichtung zur Detektion von Verkehrsteilnehmern und Hindernissen auf der Grundlage von Kamerabildern, zu der Bestimmung deren Entfernung vom Beobachter und zu deren Klassifikation. In einer zwei-stufigen Klassifikation werden potentielle Unfallgegner erkannt und identifiziert. Dabei werden in einem ersten Schritt potentielle Unfallgegner in den Bilddaten einer Monobildkamera markiert, anschließend deren Entfernung und relative Geschwindigkeit bestimmt, so daß gezielt gefährdende Objekte in Echtzeit einer Typ-Klassifikation unterzogen werden können. Durch die Aufspaltung der Erkennungstätigkeit in mehrere Stufen wird die Echtzeitfähigkeit des Systems auch mit konventionellen, bereits im Fahrzeug vorhandenen Sensoren ermöglicht.

DE 100 25 678 A 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und ein für die Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 15.

[0002] Die frühzeitige Erkennung eines bevorstehenden Aufpralls eines Verkehrsteilnehmers auf das Fahrzeug eines Beobachters, ermöglicht es den Insassenschutz als auch den Schutz des Kollisionsgegners zu verbessern. Der Zeitgewinn, der durch die visuelle Erfassung und Auswertung des einsehbaren Bereichs vor dem Fahrzeug des Beobachters gewonnen werden kann, erlaubt abgestufte Reaktionen der Insassenschutzsysteme (z. B. eine sanfte Zündung des Airbag), bzw. macht Reaktionen zum Schutz des Kollisionsgegners erst möglich (z. B.: Anhebung der Motorhaube im Falle der Fußgängerkollision). Durch Entwicklungen hin zu schaltbaren Crash-Strukturen wird der Kenntnis über Typ des Unfallgegners (Lkw, Pkw, Kraftrad, Fußgänger) eine immer größere Bedeutung zukommen.

[0003] Die aktuelle Entwicklung von Precrash-Sensoren befaßt sich u. a. mit der Untersuchung von auf Infrarot-Laser, Ultraschall- oder Radar-Sensoren basierenden Methoden. Nachteile dieser Systeme sind teilweise ihre geringe Reichweite (Ultraschall, Infrarot-Laser) und ihre Unfähigkeit den potentiellen Kollisionsgegner im Sinne einer sicheren Typisierung (Lkw, Pkw, Motorrad, Mensch) zur unterscheiden. Bei radar-basierten Systemen können unter anderem nicht-metallische Objekte (z. B.: Menschen oder Bäume) mit kostengünstigen, für den Fahrzeugeinsatz geeigneten Sensoren nicht zuverlässig detektiert werden. Eine zuverlässige Detektion und sichere Typisierung ist jedoch für eine Anpassung einer optimal gestuften Reaktion von Sicherheitssystemen bezüglich bevorstehender Kollisionen notwendig. Im Rahmen einer solchen gestuften Reaktion sollen beispielsweise im Falle einer Kollision mit einem Fußgänger aktive Maßnahmen zu dessen Schutz ergriffen werden. Denkbar sind hierbei rasche Änderungen in der Gestalt der Fahrzeugkarosserie um die Wahrscheinlichkeit schwerer Kopf- und Beinverletzungen zu reduzieren. Grundvoraussetzung zur Aktivierung dieser Maßnahmen ist jedoch, daß das Schutzsystem in der Lage ist, Verkehrsteilnehmer sicher zu erkennen und ihrem Typ (z. B.: Pkw, Lkw, Radfahrer, Fußgänger) nach zu klassifizieren.

[0004] Im allgemeinen wird bei Interpretationsverfahren für Bildszenen versucht bereits im ersten Schritt mit einem meist aufwendigen Sensor (Stereo-Sensor oder hochauflösendes Radar bzw. Lidar) neben einer reinen zweidimensionalen Bildinformation bereits mehr-dimensionale Szeneninformation zu gewinnen. Um hierbei Objekte detektieren zu können gehen diese Verfahren jedoch von Modellen, vor allem bzgl. der Lage und Ausrichtung potentieller Ziele sowie einer vorgegebenen, festen Geometrie der Ausrichtung bezüglich Sensor und Umgebung aus. In der Praxis ist jedoch oft festzustellen, daß diese Modelle und Annahmen des öfteren mit den realen Bedingungen nicht übereinstimmen, was dann in Fehlinterpretationen mündet.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren und eine geeignete Vorrichtung zu finden, welches es erlaubt Verkehrsteilnehmer auf der Grundlage von Kamerabildern zu detektieren, deren Entfernung vom Beobachter zu bestimmen und die Verkehrsteilnehmer zu klassifizieren.

[0006] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung mit den in den Ansprüchen 1 und 15 beschriebenen Merkmalen gelöst. Hierbei ermöglicht die in mehrere Schritte gegliederte Datenaufnahme und Objektidentifikation die Verwendung konventioneller Sensorik und bietet zugleich das Po-

tential für eine echtzeitfähige Realisierung.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den untergeordneten Ansprüchen angeführt.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren identifiziert Regionen innerhalb eines Kamerabildes, in welchem sich Verkehrsteilnehmer oder Hindernisse befinden. In vorteilhafter Weise ist es dabei ausreichend, daß dieses Kamerabild reine zweidimensionale Bildinformation ohne Entfernungsauflösung enthält. Die Identifikation erfolgt mit Hilfe eines speziell auf die zu erkennenden Verkehrsteilnehmern und Hindernissen trainierten Klassifikators. In einem nachfolgenden Schritt, werden sodann die entsprechend identifizierten Regionen markiert und mittels eines entfernungs-messenden Sensors bezüglich ihrer Entfernung vom Beobachter vermessen. Abschließend werden ausgewählte Regionen einer Typ-Klassifikation zur exakten Bestimmung der Art von Verkehrsteilnehmer oder Hindernis zugeführt.

[0009] Eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung enthält eine Monobildkamera, welche mit einer entfernungs-messenden Sensoreinheit gekoppelt ist. Dabei befindet sich dieser Kopplung zwischen- und nachgeschaltet jeweils eine Klassifikationseinheit.

[0010] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung ist der nachgeschalteten Klassifikationseinheit, welche der Typ-Klassifikation dient, eine Auswahlinheit vorgeschaltet, mit Hilfe derer die Anzahl an zu klassifizierenden Regionen gesteuert werden kann.

[0011] Fig. 1 zeigt schematisch eine vorteilhafte Ausgestaltung einer solchen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hierbei stellt die Monobildkamera 1 die Bilddaten 10 einer Klassifikationseinheit 2 zur Verfügung, welche Bildregionen die Verkehrsteilnehmer oder Hindernisse enthält identifiziert und der entfernungs-messenden Sensoreinheit 3 die entsprechenden Positionsdaten mitteilt. Die Sensoreinheit 3 vermißt sodann diese Bereiche bezüglich ihrer Entfernung vom Beobachter. Diese Meßdaten 30 stehen dabei, gemeinsam mit den Daten 20 der ersten Klassifikationseinheit 2, einer Auswahlinheit 4 zur Verfügung. Mittels der Auswahlinheit 4 kann der Datenfluß zur nachgeschalteten Einheit zur Typ-Klassifikation von ausgewählten Verkehrsteilnehmern oder Hindernissen 5 gesteuert werden. Der Klassifikationseinheit 5 werden die von der Auswahlinheit ausgewählten Bilddaten 40 zur Klassifikation übermittelt werden. Die Ergebnisse 50 dieser Typ-Klassifikation werden in vorteilhafter Weise einem mit der Klassifikationseinheit verbundenen Gefahrenrechner zur Verfügung gestellt, so daß dieser Entscheidungen über die Notwendigkeit der Einleitung von situationsgerechten Reaktionen auf treffen kann.

[0012] In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es auch denkbar, daß die Auswahlinheit 4 entfällt und grundsätzlich alle Daten 20 und 30 der Klassifikationseinheit 5 direkt zugeführt werden.

[0013] In besonders vorteilhafter Weise läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren zur Identifikation von Verkehrsteilnehmern und Hindernissen durch die Verwendung eines Hyperpermutations-Netzwerk im Rahmen der Klassifikationseinheit 2 gestalten. Ein solches Netzwerk ist in der Lage mit hoher Geschwindigkeit pixelbasiert innerhalb der Bilddaten 10 Bereiche zu lokalisieren, welche zu einer bestimmten Klasse (hier Verkehrsteilnehmer und Hindernisse) gehören. Der Vorteil der Verwendung einfacher zweidimensionaler Bildinformation, zeigt sich nicht nur darin, daß das Verfahren der Verwendung einer einfachen kostengünstigen Kamera offen steht, sondern insbesondere auch in der Möglichkeit leistungsfähige Klassifikationsalgorithmen unter Echtzeitbedingungen die gesamte Bildinformation auswerten zu



lassen. Da die von einer Monobildkamera 1 gelieferte Bildinformation 10 recht simpel ist, ist es im Gegensatz zu herkömmlichen meist auf sehr komplexen Daten arbeitenden Verfahren möglich, jedes einzelne Bildpixel in die Klassifikation mit aufzunehmen.

[0014] Innerhalb der Klassifikationseinheit 2 wird dem eigentlichen Klassifikator (beispielsweise dem Hyperpermutations-Netzwerk) ein Algorithmus, vorteilhafter Weise ein auf diese Aufgabe adaptierter Box-Algorithmus, nachgestellt, welcher zusammengehörige Regionen zu "regions of interest" ROI zusammenfaßt und markiert, so daß diese einer Weiterverarbeitung zugeführt werden können.

[0015] Im Rahmen dieser Weiterverarbeitung werden die diesen ROI zugehörigen Bereiche mittels eines entfernungs-messenden Sensors 3 bezüglich ihrer Entfernung vom Beobachter vermessen. In vorteilhafter Weise eignen sich hierfür Radarsysteme oder Stereo-Kamera-Systeme. Da die von diesen Sensoren gewonnenen Daten rein zur Entfernungsschätzung und nicht zu einer Typ-Klassifikation in bezug auf die Art von Verkehrsteilnehmer oder Hindernis herangezogen werden, ist es nicht notwendig diese Sensoren mit extremen Winkelauflösungen und extrem rechenaufwendigen, robusten Modellen auszustatten. Es kann bevorzugt somit also auf bereits im Fahrzeug vorhandene in ihrer Hauptausrichtung auf andere Anwendungen spezialisierte Sensoren zurückgegriffen werden.

[0016] In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es aber auch denkbar, mittels einer Monobildkamera in Zusammenarbeit mit einer komplexen Bildauswertung, im Bereich der ROI eine Entfernungsschätzung durchführen zu lassen. Da hierbei nur einzelne Ausschnitte (ROI) der gesamten Bildinformation bearbeitet werden müssen, ist beim Einsatz leistungsfähiger Prozessoren möglich, den hohen Rechenaufwand in Echtzeit durchzuführen. Dabei wäre es besonders vorteilhaft, wenn diese Information einem zweiten Verarbeitungsschritt direkt aus den bereits von der Monobildkamera 1 gelieferten Bilddaten 10 gewonnen werden könnte. Auf ist es möglich das System ohne die Verwendung eines zusätzlichen entfernungs-messenden Sensors 3 zu realisieren.

[0017] In vorteilhafter Weise, wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die aus der wiederholten Vermessung der Entfernung der Verkehrsteilnehmer oder Hindernisse vom Beobachter gewonnene Information dazu verwendet, die Relativgeschwindigkeit dieser Objekte in Bezug auf den Beobachter zu bestimmen. Besonders vorteilhaft wirkt sich dabei aus, wenn der entfernungs-messende Sensor 3 zusätzlich neben der Entfernungsinformation auch Geschwindigkeitsinformation liefert (z. B.: Doppler-Radar). Auf diese Weise könnte die indirekte Geschwindigkeitsschätzung aus der Abfolge der Entfernungsmessungen entfallen.

[0018] Die Entfernung- und Geschwindigkeitsinformation 30 wird gemeinsam mit der Bildinformation 10 einer Auswahleinheit 4 zugeführt. Diese Auswahleinheit entscheidet dann gemäß ihren Vorgaben, welche der Bilddaten einer Typ-Klassifikation innerhalb einer nachgeschalteten Klassifikationseinheit 5 zugeführt werden. Es ist denkbar, dass die Auswahleinheit 4 so konfiguriert wird, daß sie grundsätzlich alle ROI zugehörigen Bilddaten einer Typ-Klassifikation zuführt. Andererseits können aber auch in vorteilhafter Weise nur die Bilddaten jener ROI weitergeleitet werden, welche Verkehrsteilnehmern oder Hindernissen zugeordnet werden, welche bestimmte Kriterien erfüllen. Dabei ist vor allem das vorhandene Gefährdungspotential in Betracht zu ziehen; so zum Beispiel die Größe von Objekten oder deren Geschwindigkeit mit der sie sich auf den Beobachter zu bewegen oder auch deren Relativgeschwindigkeit allgemein (z. B. schnelle oder stehende Objekte).

[0019] Für die eigentliche Typ-Klassifikation innerhalb der Klassifikationseinheit 5, welche einer exakten Bestimmung der Art von Verkehrsteilnehmer oder Hindernis dient, kann auf bekannte, speziell auf diese Art von Objekten trainierte Klassifikationsalgorithmen zurückgegriffen werden. In vorteilhafter Weise eignen sich hierzu Neuronale Netze, wie beispielsweise ein Radial-Basis-Funktions-Klassifikator oder eine Support-Vector-Maschine.

[0020] In vorzüglicher Weise eignen sich das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Früherkennung und Folgeabschätzung von Unfallsituationen (PreCrash-Detektion).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Verkehrsteilnehmern und Hindernissen auf der Grundlage von Kamerabildern, zu der Bestimmung deren Entfernung vom Beobachter und zu deren Klassifikation, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein auf die Erkennung von Verkehrsteilnehmern und Hindernissen ausgerichteter Klassifikator Regionen innerhalb eines zweidimensionalen, nicht entfernungs aufgelösten Kamerabildes identifiziert, daß in einem weiteren Schritt diese so identifizierten Regionen markiert und sodann mittels eines entfernungs-messenden Sensors bezüglich ihrer Entfernung vom Beobachter vermessen werden, und daß anschließend ausgewählte Regionen einer Typ-Klassifikation zur Erkennung der Verkehrsteilnehmer bzw. Hindernisse zugeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kamerabild, welches zur Identifikation von Verkehrsteilnehmern herangezogen wird, nur zweidimensionale Bildinformation, ohne Entfernungsauflösung enthält.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die aus der Vermessung gewonnenen Informationen zur Bestimmung der Relativgeschwindigkeit der einzelnen Verkehrsteilnehmer bzw. Hindernisse benutzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der auf die Erkennung von Verkehrsteilnehmern ausgerichtete Klassifikator ein Hyperpermutations-Netzwerk ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Boxalgorithmus zur Markierung von als Verkehrsteilnehmer identifizierten Regionen verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der entfernungs-messende Sensor ein Radarsensor ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der entfernungs-messende Sensor ein Stereo-Kamerasystem ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der entfernungs-messende Sensor ein Mono-Kamerasystem ist, welches durch geeignete Bildverarbeitung in der Lage ist Entfernungsschätzungen vorzunehmen.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Mono-Kamerasystem das selbe System ist, mittels welchem bereits im ersten Schritt das zweidimensionale, nicht entfernungs-aufgelöste Kamerabild generiert wurde.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Klassifikator zur Typ-Klassifikation ein Radial-Basis-Funktions-Klassifika-



tor ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Klassifikator zur Typ-Klassifikation eine Support-Vector-Maschine ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswahl der einer Typ-Klassifikation zu unterziehenden Regionen in Abhängigkeit ihrer Entfernung und/oder Relativgeschwindigkeit bezüglich des Beobachters getroffen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswahl der einer Typ-Klassifikation zu unterziehenden Regionen alle als Verkehrsteilnehmer bzw. Hindernis identifizierten Regionen einbezieht.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ergebnis der Typ-Klassifikation einem Gefahrenrechner zur Entscheidung über evtl. einzuleitende Reaktionen übermittelt wird.

15. Vorrichtung zur Detektion von Verkehrsteilnehmern und Hindernissen auf der Grundlage von Kamerabildern, zu der Bestimmung deren Entfernung vom Beobachter und zu deren Klassifikation dadurch gekennzeichnet,

daß eine Monobildkamera 1 mit einer entfernungs-messenden Sensoreinheit 3 gekoppelt ist, und daß sich dieser Kopplung zwischen- und nachgeschaltet jeweils eine Klassifikationseinheit 2 und 5 befindet.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Monobildkamera 1 mit einer Klassifikationseinheit 2 verbunden ist,

daß diese Klassifikationseinheit 2 einen Modul zur Identifikation von Bildregionen, welche Verkehrsteilnehmern und Hindernissen zuzuordnen sind, enthält und welcher diese Regionen markiert und die entsprechenden Daten 20 am Ausgang des Moduls für eine Weiterverarbeitung zur Verfügung stellt,

daß an den Ausgang des Moduls eine entfernungs-messenden Sensoreinheit 3 gekoppelt ist, welche in der Lage ist, die markierten Bereiche bezüglich ihrer Entfernung vom Beobachter zu vermessen, und diese Meßdaten über eine Verbindung 30 einer Auswahleinheit 4 zur Verfügung stellt, über welche eine zweite Klassifikationseinheit an das Gesamtsystem angeschlossen ist, welche die ihr von der Auswahleinheit gelieferten Regionen 40 bezüglich des Typs von Verkehrsteilnehmer bzw. Hindernis klassifiziert.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Ausgang der Klassifikationseinheit zur Typ-Klassifikation 5 ein Gefahrenrechner verbunden ist.

18. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, zur Früherkennung von Unfallsituationen (PreCrash-Detektion).

19. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, zur Früherkennung von Unfallsituationen (PreCrash-Detektion).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

60

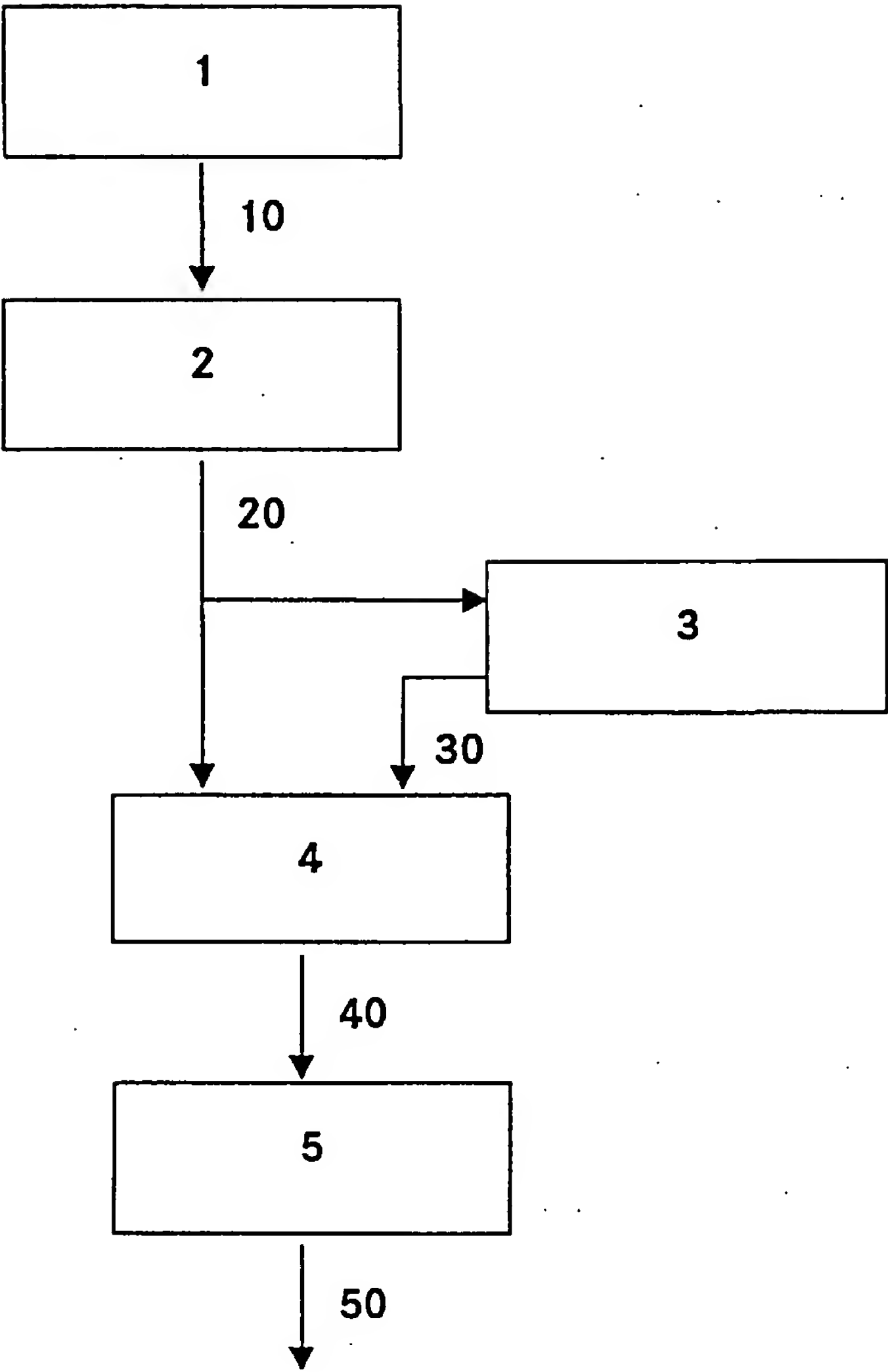
65



- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

X



Figur 1